

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

«ЦИФРОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ» РОЗРАХУНКОВА РОБОТА

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за спеціальністю 171 «Електроніка»,
спеціалізацією «Електронні компоненти і системи»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2017

«Цифрові інформаційні системи»: розрахункова робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка», спеціалізації «Електронні компоненти і системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: К. С. Осипенко. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,24 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 34 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 4 від 21.12.2017 р.)
за поданням Вченої ради факультету електроніки (протокол № 11/2017 від 27.11.2017 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

«ЦИФРОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ»

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА

Укладачі: *Осипенко Катерина Сергіївна*, канд. техн. наук.

Відповідальний редактор *Ямненко Ю. С.*, завідувач кафедри промислової електроніки,
д-р техн. наук, проф.

Рецензенти: *Попов А. О.*, доцент кафедри електронної інженерії, канд.
техн. наук, доц.
Юрченко О. М., завідувач відділу транзисторних
перетворювачів, д-р техн. наук, с.н.с.

Метою вивчення дисципліни «Цифрові інформаційні системи» є дати студентам ґрунтовні знання з питань теорії та практики побудови ЦІС. В якості індивідуального завдання є виконання студентами розрахунково графічної роботи. Метою виконання розрахунково-графічної роботи є набуття студентами досвіду самостійної роботи з навчальною та довідковою літературою, набуття практичних навиків розробки цифрових автоматів Мілі та Мура синхронного та асинхронного типів. Кінцевим результатом РГР є отримання логічних схем цифрових автоматів з перевіркою їх функціонування за допомогою прикладних програм моделювання цифрових пристроїв.

Зміст

1. Загальні положення	4
2. Завдання	5
3. Короткі теоретичні відомості	7
4. Приклад виконання РГР	11
5. Критерії оцінки РГР	31
Рекомендована література	31

1. Загальні положення

Згідно з робочою навчальною програмою кредитного модуля «Цифрові інформаційні системи» в якості індивідуального семестрового завдання планується виконання студентами РГР. Завдання на РГР охоплюють теми, що рекомендуються студентам під час самостійної роботи по вивченню дисципліни.

Мета РГР – набуття студентами досвіду самостійної роботи з навчальною та довідковою літературою, набуття практичних навиків розробки цифрових автоматів Мілі та Мура синхронного та асинхронного типів.

Кінцевим результатом РГР є отримання логічних схем цифрових автоматів з перевіркою їх функціонування за допомогою прикладних програм моделювання цифрових пристроїв.

Завдання до синтезу цифрових автоматів Мілі та Мура наведені в таблицях.

2. Завдання

Провести синтез цифрових автоматів Мілі та Мура на основі RS-, JK та D-тригерів. Навести результати роботи схем в програмному середовищі та часові діаграми.

Номер завдання співпадає з порядковим номером у списку групи ДС-1.

Вар.	Значення X1, X2, Y
1.	000, 100, 110, 010, 001, 010, 110, 101, 000, 010, 110, 101, 000
2.	000, 100, 111, 011, 000, 100, 100, 100, 111, 111, 010, 000, 100, 010, 000
3.	000, 100, 111, 011, 110, 100, 000, 010, 110, 100, 000, 011, 000
4.	000, 010, 000, 100, 111, 010, 000, 100, 100, 111, 111, 010, 000
5.	000, 100, 110, 011, 011, 110, 110, 100, 000, 010, 111, 100, 000
6.	000, 010, 000, 100, 111, 010, 000, 000, 010, 111, 010, 000
7.	000, 011, 011, 000, 100, 000, 100, 110, 110, 011, 000
8.	000, 011, 110, 101, 110, 011, 011, 011, 000, 101, 110, 010, 010, 000
9.	000, 100, 110, 100, 001, 010, 110, 010, 001, 100, 110, 010, 000
10.	000, 010, 000, 100, 111, 100, 000, 100, 111, 111, 100, 000
11.	000, 011, 111, 100, 000, 000, 100, 111, 010, 000, 100, 000
12.	000, 100, 110, 100, 000, 000, 101, 110, 100, 000, 011, 110, 011, 000
13.	000, 100, 111, 100, 000, 010, 111, 100, 111, 111, 010, 000
14.	000, 011, 110, 100, 110, 011, 000, 100, 000, 011, 111, 011, 000
15.	000, 100, 110, 111, 111, 100, 000, 010, 111, 111, 010, 000
16.	000, 100, 111, 100, 111, 100, 110, 011, 000, 100, 110, 110, 100, 000
17.	000, 100, 110, 110, 011, 000, 010, 110, 110, 100, 000, 010, 110, 010, 000
18.	000, 010, 110, 100, 000, 101, 110, 101, 000, 010, 010, 000, 101, 000
19.	000, 100, 110, 011, 001, 100, 000, 011, 000, 100, 110, 010, 110, 100, 000
20.	000, 010, 110, 101, 111, 010, 000, 010, 111, 010, 000, 100, 110, 110, 100, 000
21.	000, 100, 110, 010, 111, 100, 100, 000, 000, 100, 110, 010, 111, 100, 000
22.	000, 010, 110, 110, 010, 000, 101, 110, 100, 000, 000, 101, 110, 010, 110, 010, 000
23.	000, 010, 110, 110, 110, 011, 000, 101, 110, 100, 000, 011, 110, 101, 000
24.	000, 100, 110, 010, 001, 100, 110, 100, 110, 100, 110, 100, 001, 010, 110, 010, 000
25.	000, 100, 110, 010, 000, 010, 110, 101, 000, 000, 101, 110, 100, 000
26.	000, 011, 110, 011, 011, 110, 100, 100, 110, 011, 000, 100, 100, 000, 011, 000
27.	000, 101, 110, 110, 010, 010, 110, 110, 010, 000, 101, 101, 110, 101, 101, 000
28.	000, 010, 110, 100, 100, 111, 010, 000, 100, 110, 100, 111, 010, 000
29.	000, 100, 110, 010, 111, 111, 010, 110, 110, 100, 000
30.	000, 010, 110, 100, 000, 010, 111, 010, 110, 010, 000, 100, 100, 000, 010, 000

Номер завдання співпадає з порядковим номером у списку групи ДС-_2.

Вар.	Значення X1, X2, Y1, Y2
1.	000, 010, 110, 100, 000, 010, 111, 010, 110, 010, 000, 100, 100, 000, 010, 000
2.	000, 100, 110, 010, 111, 111, 010, 110, 110, 100, 000
3.	000, 010, 110, 100, 100, 111, 010, 000, 100, 110, 100, 111, 010, 000
4.	000, 101, 110, 110, 010, 010, 110, 110, 010, 000, 101, 101, 110, 101, 101, 000
5.	000, 011, 110, 011, 011, 110, 100, 100, 110, 011, 000, 100, 100, 000, 011, 000
6.	000, 100, 110, 010, 000, 010, 110, 101, 000, 000, 101, 110, 100, 000
7.	000, 100, 110, 010, 001, 100, 110, 100, 110, 100, 110, 100, 001, 010, 110, 010, 000
8.	000, 010, 110, 110, 110, 011, 000, 101, 110, 100, 000, 011, 110, 101, 000
9.	000, 010, 110, 110, 010, 000, 101, 110, 100, 000, 000, 101, 110, 010, 110, 010, 000
10.	000, 100, 110, 010, 111, 100, 100, 000, 000, 100, 110, 010, 111, 100, 000
11.	000, 010, 110, 101, 111, 010, 000, 010, 111, 010, 000, 100, 110, 110, 100, 000
12.	000, 100, 110, 011, 001, 100, 000, 011, 000, 100, 110, 010, 110, 100, 000
13.	000, 010, 110, 100, 000, 101, 110, 101, 000, 010, 010, 000, 101, 000
14.	000, 100, 110, 110, 011, 000, 010, 110, 110, 100, 000, 010, 110, 010, 000
15.	000, 100, 111, 100, 111, 100, 110, 011, 000, 100, 110, 110, 100, 000
16.	000, 100, 110, 111, 111, 100, 000, 010, 111, 111, 010, 000
17.	000, 011, 110, 100, 110, 011, 000, 100, 000, 011, 111, 011, 000
18.	000, 100, 111, 100, 000, 010, 111, 100, 111, 111, 010, 000
19.	000, 100, 110, 100, 000, 000, 101, 110, 100, 000, 011, 110, 011, 000
20.	000, 011, 111, 100, 000, 000, 100, 111, 010, 000, 100, 000
21.	000, 010, 000, 100, 111, 100, 000, 100, 111, 111, 100, 000
22.	000, 100, 110, 100, 001, 010, 110, 010, 001, 100, 110, 010, 000
23.	000, 011, 110, 101, 110, 011, 011, 011, 000, 101, 110, 010, 010, 000
24.	000, 011, 011, 000, 100, 000, 100, 110, 110, 011, 000
25.	000, 010, 000, 100, 111, 010, 000, 000, 010, 111, 010, 000
26.	000, 100, 110, 011, 011, 110, 110, 100, 000, 010, 111, 100, 000
27.	000, 010, 000, 100, 111, 010, 000, 100, 100, 111, 111, 010, 000
28.	000, 100, 111, 011, 110, 100, 000, 010, 110, 100, 000, 011, 000
29.	000, 100, 111, 011, 000, 100, 100, 100, 111, 111, 010, 000, 100, 010, 000
30.	000, 100, 110, 010, 001, 010, 110, 101, 000, 010, 110, 101, 000

3. Короткі теоретичні відомості

3.1. Закони функціонування автоматів Мілі і Мура

У практиці використання цифрових автоматів можна виділити невелику кількість типових алгоритмів їх функціонування. Найбільшого розповсюдження набули два типи автоматів – *автомати Мілі* і *Мура*.

Закон функціонування автомата Мілі задається рівняннями:

$$\begin{cases} Q(t+1) = f_p [Q(t), X(t)]; \\ Y_k(t) = \lambda [Q(t), X(t)]; \end{cases} \quad t = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Закон функціонування автомата Мура описується рівняннями:

$$\begin{cases} Q(t+1) = f_p [Q(t), X(t)]; \\ Y_k(t) = \lambda [Q(t)]; \end{cases} \quad t = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

Різниця між автоматами Мілі і Мура полягає лише в тому, що вихідний сигнал останнього залежить тільки від його внутрішнього стану, у той час як у автомата Мілі значення вихідного сигналу залежить також і від вхідного сигналу.

Структура автомата Мілі зображена на рис.1.

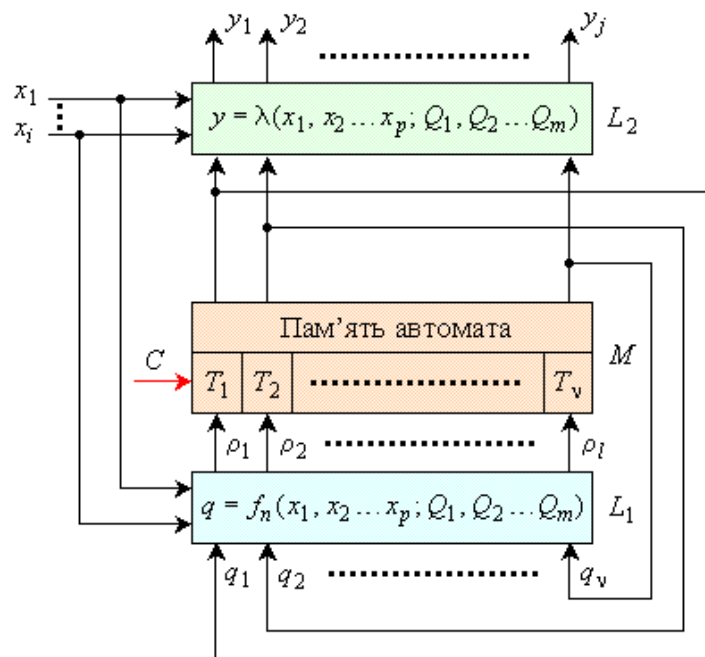


Рис. 1. Структура автомата Мілі

Автомат складається з набору елементарних комірок пам'яті (тригерів T_1, T_2, \dots, T_n), стани яких q_1, q_2, \dots, q_n в кожний момент часу визначають внутрішній стан автомата в цілому. Під дією вхідних сигналів $x_1 \dots x_i$, які подаються в дискретні моменти часу, відбувається формування сигналів $\rho_1 \dots \rho_l$, що забезпечують перемикання тригерів $T_1 \dots T_n$. Таким шляхом відбувається послідовна зміна станів автомата. Оскільки комбінаційна схема L_1 формує керуючі тригерами сигнали в залежності від значень виходів тригерів у момент подачі тактового сигналу (для синхронних схем) або в моменти подачі вхідних сигналів (для асинхронних), то значення виходів тригерів у наступний момент часу i , відповідно, стан автомата однозначно визначається вхідними сигналами і станом автомата в попередній момент часу.

Сигнали керування тригерами $\rho_1 \dots \rho_l$ формуються комбінаційним пристроєм L_1 , структура якого визначає функцію переходів автомата. Функція виходів реалізується комбінаційним пристроєм L_2 , який формує сигнали $y_1 \dots y_j$ як функції виходів пам'яті (для автоматів Мура) або як функції виходів пам'яті і вхідних сигналів (для автоматів Мілі).

Переходячи до відносного часу роботи, формули (1), (2) можна зобразити у вигляді:

- для автомата Мілі:

$$\begin{cases} Y_{n+1} = L_2(Q_{n+1}, X_{n+1}) ; \\ Q_{n+1} = L_1(Q_n, X_n) ; \end{cases} \quad (3)$$

- для автомата Мура:

$$\begin{cases} Y_{n+1} = L_2(Q_{n+1}) ; \\ Q_{n+1} = L_1(Q_n, X_n) . \end{cases} \quad (4)$$

Рівняння (3), (4) можуть бути заданими аналітично або у вигляді таблиць станів (таблиць відповідностей).

Взаємозв'язок між поточними Q_n і наступними значеннями Q_{n+1} виходів визначається характеристичними рівняннями використовуваних тригерів.

У табл. 1 приведені характеристичні рівняння тригерів, розглянутих у попередніх розділах.

Табл.1

Тип використовуваного тригера	Характеристичне рівняння
Асинхронний RS -тригер	$Q_{n+1} = S_n + \overline{R_n} Q_n$
Синхронний статичний D -тригер	$Q_{n+1} = C_n D_n$
Динамічний D -тригер	$Q_{n+1} = D_n$
Динамічний JK -тригер (JK - MS -тригер)	$Q_{n+1} = J_n \overline{Q_n} + \overline{K_n} Q_n$
T -тригер	$Q_{n+1} = C_n \overline{Q_n}$
T -тригер з дозволяючим входом	$Q_{n+1} = C_n (V \overline{Q_n} + \overline{V} Q_n)$

Поєднуючи характеристичні рівняння тригерів і рівняння комбінаційних схем, можна проводити аналіз роботи існуючого автомата або виконувати його синтез.

3.2. Основи синтезу скінченних автоматів

Задача синтезу (проектування) скінченних автоматів майже діаметрально протилежна попередній задачі аналізу.

У ряді літературних джерел приводиться послідовність кроків, які поетапно необхідно робити в процесі розробки автомата. Процедура синтезу характерна наступними основними етапами:

1. Задається закон функціонування автомата;
2. Мінімізується кількість внутрішніх станів автомата;
3. Кодуються стани автомата;
4. Визначаються функції збудження елементів пам'яті і функції виходів, а також забезпечується їх мінімізація;
5. Складається функціональна схема автомата у вибраному елементному базисі.

Перші три етапи відносяться до *абстрактного синтезу* автомата, при якому по значеннях вхідних і вихідних сигналів визначаються і кодуються його стани.

При абстрактному синтезі на основі словесного, табличного, за допомогою часових діаграм і інших засобів опису роботи автомату виявляється закон його функціонування і задаються функції переходів і виходів. На цьому етапі забезпечується мінімізація кількості станів і визначається кількість елементів пам'яті, необхідних для побудови автомата.

Решта етапів забезпечує процедуру одержання структурних схем автоматів, що задаються кодованими таблицями переходів і виходів. Така процедура називається *структурним синтезом*.

Задача структурного синтезу полягає у виборі типів елементарних автоматів (тригерів) і знаходженні такого способу їх з'єднання між собою, який забезпечить функціонування автомата у відповідності до заданих кодованих таблиць переходів і виходів.

Основною задачею цього етапу є синтез комбінаційних схем з урахуванням вибраних тригерів, знаходження мінімальних форм функцій збудження і виходів. Етап закінчується побудовою функціональної схеми автомата.

Грунтовні положення до виконання РГР приведені в [1].

4. Приклад виконання РГР

Провести синтез асинхронних і синхронних цифрових автоматів за Мілі та Муром на:

- Асинхронних – $R-S$ тригерах;
- Синхронних – D , $J-K$ тригерах.

Задана послідовність сигналів:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
x_1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
x_2	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
y_1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0

Етап 1. Задання закону функціонування автомата.

За заданими значеннями вхідних і вихідних сигналів побудуємо початкову таблицю переходів:

x_1, x_2 A	00	01	11	10	y_1
1	(1)			2	0
2			3	(2)	0
3		4	(3)		1
4	5	(4)			1
5	(5)	6			1
6		(6)	7		0
7			(7)	8	0
8	9			(8)	0
9	(9)	10			0
10		(10)	11		1
11			(11)	12	0
12	1			(12)	0

Етап 2. Мінімізація кількості внутрішніх станів автомата.

Перевіримо стани в початковій таблиці переходів на еквівалентність:

Умова 1	Умова 2	Умова 3
1 – 5	ні	
1 – 9	так	так
5 – 9	ні	
4 – 6	ні	
4 – 10	так	так
6 – 10	ні	
3 – 7	ні	
3 – 11	ні	
7 – 11	так	так
2 – 8	так	так
2 – 12	так	так
8 – 12	так	так

В результаті перевірки об'єднаємо такі еквівалентні стани: $1 - 9 \equiv 1$, $4 - 10 \equiv 4$, $7 - 11 \equiv 7$, $2 - 8 - 12 \equiv 2$.

Після об'єднання отримуємо скорочену таблицю переходів:

x_1, x_2 A	00	01	11	10	y_1
1 – 9 \equiv 1	(1)	4		2	0
2 – 8 – 12 \equiv 2	1		3	(2)	0
3		4	(3)		1
4 – 10 \equiv 4	5	(4)	7		1
5	(5)	6			1
6		(6)	7		0
7 – 11 \equiv 7			(7)	2	0

Перевіримо стани в скороченій таблиці переходів на сумісність:

Номери станів	Умова
1 – 2	так за Муром
1 – 3	так за Мілі
1 – 4	ні
1 – 5	ні
1 – 6	ні
1 – 7	так за Муром
2 – 3	так за Мілі
2 – 4	ні
2 – 5	ні
2 – 6	ні
2 – 7	ні
3 – 4	ні
3 – 5	ні
3 – 6	ні
3 – 7	ні
4 – 5	ні
4 – 6	ні
4 – 7	так за Мілі
5 – 6	так за Мілі
5 – 7	так за Мілі
6 – 7	так за Муром

Побудуємо діаграми сумісності за Муром та за Мілі (рис. 2, рис. 3).

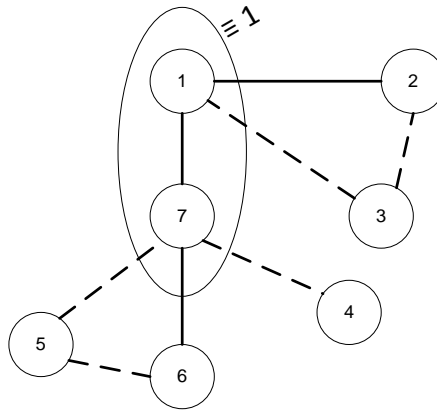


Рис. 2. Діаграма сумісності за Муром

Об'єднаємо стани $1 - 7 \equiv 1$.

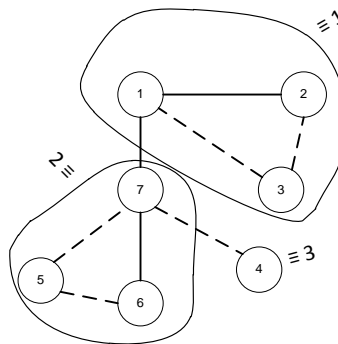


Рис. 3. Діаграма сумісності за Мілі

Об'єднаємо стани $1 - 2 - 3 \equiv 1$, $4 \equiv 3$, $5 - 6 - 7 \equiv 2$.

Скорочена таблиця переходів за Муром:

x_1, x_2 A	00	01	11	10	y_1
$1 - 7 \equiv 1$	(1)	4	(1)	2	0
2	1		3	(2)	0
3		4	(3)		1
4	5	(4)	1		1
5	(5)	6			1
6		(6)	1		0

Скорочена таблиця переходів за Мілі:

x_1, x_2 A	00	01	11	10
1-2-3 \equiv 1	(1),0	3	(1),1	(1),0
5-6-7 \equiv 2	(2),1	(2),0	(2),0	1
4 \equiv 3	2	(3),1	2	-

Етап 3. Кодування станів автомата.

Закодуємо стани автомата за Муром.

Граф станів сусіднім кодом за Муром (рис. 4):

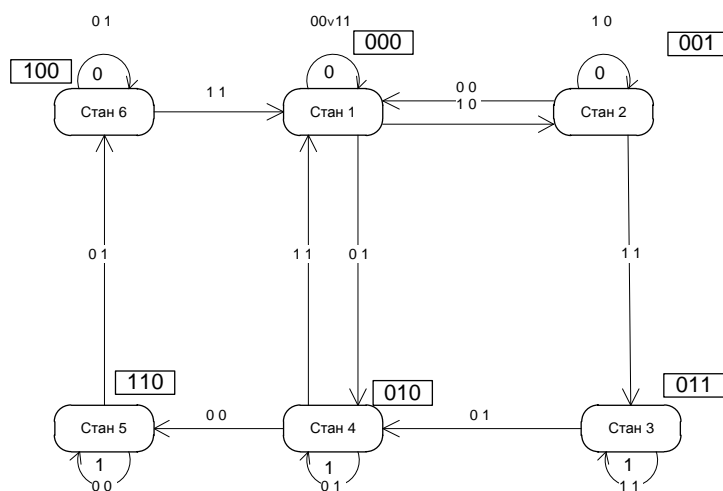


Рис. 4. Граф станів сусіднім кодом за Муром

Побудуємо закодовану таблицю переходів за Муром:

x_1, x_2 Q_1, Q_2, Q_3	00	01	11	10	y_1
000	(000)	010	(000)	001	0
001	000	-	011	(001)	0
011	-	010	(011)	-	1
010	110	(010)	000	-	1
110	(110)	100	-	-	1
111	-	-	-	-	
101	-	-	-	-	
100	-	(100)	000	-	0

Закодуємо стани автомата за Мілі.

Граф станів за Мілі (рис. 5):

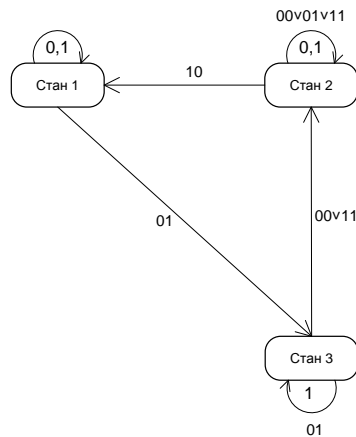


Рис. 5. Граф станів за Мілі

За умовами сусіднього кодування такий граф закодувати не можна, тому введемо один додатковий стан 4 і перепишемо скорочену таблицю переходів:

x_1, x_2 A	00	01	11	10
$1-2-3 \equiv 1$	(1),0	3	(1),1	(1),0
$5-6-7 \equiv 2$	(2),1	(2),0	(2),0	1
$4 \equiv 3$	4	(3),1	4	-
4	2	-	2	-

Граф станів сусіднім кодом за Мілі зображено на рис. 6.

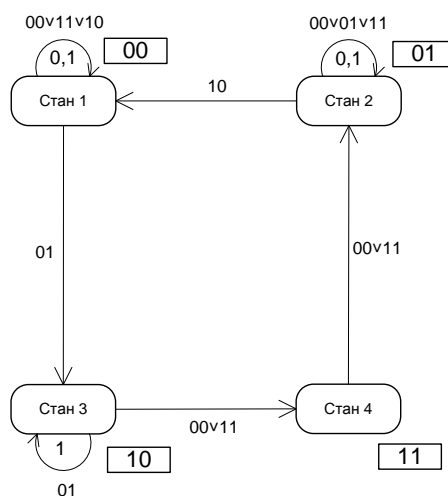


Рис. 6. Граф станів сусіднім кодом за Мілі

Побудуємо закодовану таблицю переходів за Мілі:

x_1, x_2 Q_1, Q_2	00	01	11	10
1=00	(00),0	10	(00),1	(00),0
2=01	(01),1	(01),0	(01),0	00
4=11	01	-	01	-
3=10	11	(10),1	11	-

Етап 4. Визначення функцій збудження елементів пам'яті і функцій виходів автомата.

Побудуємо таблицю функції виходу за Муром:

x_1, x_2 Q_1, Q_2, Q_3	00	01	11	10
000	0	-	0	-
001	-	-	-	0
011	-	-	1	-
010	-	1	-	-
110	1	-	-	-
111	-	-	-	-
101	-	-	-	-
100	-	0	-	-

Мінімізуючи отриману карту Карно, отримуємо наступний вираз для функції виходу: $y_1 = Q_2$.

Побудуємо таблицю функції виходу за Мілі:

x_1, x_2 Q_1, Q_2	00	01	11	10
00	0	-	1	0
01	1	0	0	-
11	-	-	-	-
10	-	1	-	-

Мінімізуючи отриману карту Карно, отримуємо наступний вираз для функції виходу:

$$y_1 = \overline{x_2}Q_2 + x_2\overline{Q_2}.$$

Асинхронний автомат Мура на основі RS-тригерів

Характеристична таблиця RS-тригера:

Q^t	Q^{t+1}	R	S
0	0	*	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	*

Перетворимо закодовану таблицю переходів за Муром згідно з характеристичною таблицею RS-тригера:

x_1, x_2 Q_1, Q_2, Q_3	00	01	11	10
	R ₁ S ₁ R ₂ S ₂ R ₃ S ₃	R ₁ S ₁ R ₂ S ₂ R ₃ S ₃	R ₁ S ₁ R ₂ S ₂ R ₃ S ₃	R ₁ S ₁ R ₂ S ₂ R ₃ S ₃
000	*0 *0 *0	*0 01 *0	*0 *0 *0	*0 *0 01
001	*0 *0 10	-	*0 01 0*	*0 *0 0*
011	-	*0 0* 10	*0 0* 0*	-
010	01 0* *0	*0 0* *0	*0 10 *0	-
110	0* 0* *0	0* 10 *0	-	-
111	-	-	-	-
101	-	-	-	-
100	-	0* *0 *0	10 *0 *0	-

Складемо таблиці для кожного з входів RS-тригерів і визначимо сигнали, які необхідно подати на ці входи для одержання необхідного вихідного сигналу:

R₁

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	*	*	*	*
001	*		*	*
011		*	*	
010	0	*	*	
110	0	0		
111				
101				
100		0	1	

S₁

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	0	0	0	0
001	0		0	0
011		0	0	
010	1	0	0	
110	*	*		
111				
101				
100		*	0	

R₂

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	*	0	*	*
001	*		0	*
011		0	0	
010	0	0	1	
110	0	1		
111				
101				
100		*	*	

S₂

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	0	1	0	0
001	0		1	0
011		*	*	
010	*	*	0	
110	*	0		
111				
101				
100		0	0	

R₃

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	*	*	*	0
001	1		0	0
011		1	0	
010	*	*	*	
110	*	*		
111				
101				
100		*	*	

S₃

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	0	0	0	1
001	0		*	*
011		0	*	
010	0	0	0	
110	0	0		
111				
101				
100		0	0	

$$R_1 = x_1;$$

$$R_2 = x_2 \cdot Q_1 + x_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3;$$

$$R_3 = \bar{x}_1;$$

$$S_1 = \bar{x}_2 \cdot Q_2;$$

$$S_2 = x_2 \cdot Q_3 \bar{Q}_1 + \bar{x}_1 x_2 \cdot \bar{Q}_1;$$

$$S_3 = x_1 \bar{x}_2.$$

Асинхронний автомат Мілі на основі RS-тригерів

Перетворимо закодовану таблицю переходів за Мілі у відповідності з характеристичною таблицею RS-тригера:

x_1, x_2 Q_1, Q_2	00	01	11	10
	$R_1 S_1 \ R_2 S_2$	$R_1 S_1 \ R_2 S_2$	$R_1 S_1 \ R_2 S_2$	$R_1 S_1 \ R_2 S_2$
00	*0 *0	01 *0	*0 *0	*0 *0
01	*0 0*	*0 0*	*0 0*	*0 10
11	10 0*	-	10 0*	-
10	0* 01	0* *0	0* 01	-

Визначимо значення вхідних сигналів тригерів:

$Q_1 Q_2$	00	01	11	10
00	*	0	*	*
01	*	*	*	*
11	1	-	1	-
10	0	0	0	-

R₁

S₁

$Q_1 Q_2$	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	0	0	0	0
11	0	-	0	-
10	*	*	*	-

R₂

S₂

$Q_1 Q_2$	00	01	11	10
00	*	*	*	*
01	0	0	0	1
11	0	-	0	-
10	0	*	0	-

$Q_1 Q_2$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	*	*	*	0
11	*	-	*	-
10	1	0	1	-

$$R_1 = Q_2;$$

$$R_2 = x_1 \overline{x_2};$$

$$S_1 = \overline{x_1} x_2 \cdot \overline{Q_2};$$

$$S_2 = x_1 \cdot Q_1 + \overline{x_2} \cdot Q_1.$$

Синхронний автомат Мура на JK-тригерах

Характеристична таблиця JK-тригера:

Q^t	Q^{t+1}	J	K
0	0	0	*
0	1	1	*
1	0	*	1
1	1	*	0

Перетворимо закодовану таблицю переходів за Муром згідно з характеристичною таблицею JK-тригера:

x_1, x_2 Q_1, Q_2, Q_3	00	01	11	10
	$J_1 K_1 \ J_2 K_2 \ J_3 K_3$	$J_1 K_1 \ J_2 K_2 \ J_3 K_3$	$J_1 K_1 \ J_2 K_2 \ J_3 K_3$	$J_1 K_1 \ J_2 K_2 \ J_3 K_3$
000	0* 0* 0*	0* 1* 0*	0* 0* 0*	0* 0* 1*
001	0* 0* *1	-	0* 1* *0	0* 0* *0
011	-	0* *0 *1	0* *0 *0	-
010	1* *0 0*	0* *0 0*	0* *1 0*	-
110	*0 *0 0*	*0 *1 0*	-	-
111	-	-	-	-
101	-	-	-	-
100	-	*0 0* 0*	*1 0* 0*	-

Складемо таблиці для кожного з входів JK-тригерів і визначимо сигнали, які необхідно подати на ці входи для одержання необхідного вихідного сигналу:

J₁

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	0	0	0	0
001	0	-	0	0
011	-	0	0	-
010	1	0	0	-
110	*	*	-	-
111	-	-	-	-
101	-	-	-	-
100	-	*	*	-

K₁

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	*	*	*	*
001	*	-	*	*
011	-	*	*	-
010	*	*	*	-
110	0	0	-	-
111	-	-	-	-
101	-	-	-	-
100	-	0	1	-

J₂

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	0	1	0	0
001	0	-	1	0
011	-	*	*	-
010	*	*	*	-
110	*	*	-	-
111	-	-	-	-
101	-	-	-	-
100	-	0	0	-

K₂

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	*	*	*	*
001	*	-	*	*
011	-	0	0	-
010	0	0	1	-
110	0	1	-	-
111	-	-	-	-
101	-	-	-	-
100	-	*	*	-

J₃

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	0	0	0	1
001	*	-	*	*
011	-	*	*	-
010	0	0	0	-
110	0	0	-	-
111	-	-	-	-
101	-	-	-	-
100	-	0	0	-

K₃

$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
000	*	*	*	*
001	1	-	0	0
011	-	1	0	-
010	*	*	*	-
110	*	*	-	-
111	-	-	-	-
101	-	-	-	-
100	-	*	*	-

$$J_1 = \bar{x}_2 \cdot Q_2;$$

$$J_2 = x_2 \cdot \bar{Q}_1 Q_3 + \bar{x}_1 x_2 \cdot \bar{Q}_1;$$

$$J_3 = x_1 \bar{x}_2;$$

$$K_1 = x_1;$$

$$K_2 = x_2 \cdot Q_1 + x_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3;$$

$$K_3 = \bar{x}_1.$$

Синхронний автомат Мура на D-тригерах

Характеристична таблиця D-тригера:

Q^t	Q^{t+1}	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Перетворимо закодовану таблицю переходів за Муром згідно з характеристичною таблицею D-тригера:

x_1, x_2 Q_1, Q_2, Q_3	00	01	11	10
	D ₁ D ₂ D ₃	D ₁ D ₂ D ₃	D ₁ D ₂ D ₃	D ₁ D ₂ D ₃
000	0 0 0	0 1 0	0 0 0	0 0 1
001	0 0 0	-	0 1 1	0 0 1
011	-	0 1 0	0 1 1	-
010	1 1 0	0 1 0	0 0 0	-
110	D ₁ D ₂ D ₃	D ₁ D ₂ D ₃	D ₁ D ₂ D ₃	D ₁ D ₂ D ₃
111	0 0 0	0 1 0	0 0 0	0 0 1
101	0 0 0	-	0 1 1	0 0 1
100	-	0 1 0	0 1 1	-

Запишемо таблиці для кожного з входів D-тригерів і визначимо сигнали, які необхідно подати на ці входи для одержання необхідного вихідного сигналу

D ₁	$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
	000	0	0	0	0
	001	0	-	0	0
	011	-	0	0	-
	010	1	0	0	-
	110	1	1	-	-
	111	-	-	-	-
	101	-	-	-	-
	100	-	1	0	-

D ₂	$Q_1Q_2Q_3$	00	01	11	10
	000	0	1	0	0
	001	0	-	1	0
	011	-	1	1	-
	010	1	1	0	-
	110	1	0	-	-
	111	-	-	-	-
	101	-	-	-	-
	100	-	0	0	-

$Q_1 Q_2 Q_3$	00	01	11	10
000	0	0	0	1
001	0	-	1	1
011	-	0	1	-
010	0	0	0	-
110	0	0	-	-
111	-	-	-	-
101	-	-	-	-
100	-	0	0	-

D_3

$$D_1 = \bar{x}_2 \cdot Q_2 + \bar{x}_1 \cdot Q_1;$$

$$D_2 = \bar{x}_2 \cdot Q_2 + \bar{x}_1 x_2 \cdot \bar{Q}_1 + x_2 \cdot \bar{Q}_1 Q_3;$$

$$D_3 = x_1 \bar{Q}_1 Q_3 + \bar{x}_1 x_2.$$

Синхронний автомат Мілі на основі JK-тригерів

Перетворимо закодовану таблицю переходів за Мілі згідно таблиці переходів JK-тригера:

x_1, x_2 Q_1, Q_2	00	01	11	10
	$J_1 K_1 \ J_2 K_2$	$J_1 K_1 \ J_2 K_2$	$J_1 K_1 \ J_2 K_2$	$J_1 K_1 \ J_2 K_2$
00	0* 0*	1* 0*	0* 0*	0* 0*
01	0* *0	0* *0	0* *0	0* *1
11	-	-	-	-
10	*1 1*	*0 0*	*1 1*	-

Запишемо таблиці для кожного з входів JK-тригерів і визначимо сигнали, які необхідно подати на ці входи для одержання необхідного вихідного сигналу.

J_1

Q_1Q_2	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	0	0	0	0
11	-	-	-	-
10	*	*	*	-

J_2

Q_1Q_2	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	*	*	*	*
11	-	-	-	-
10	1	0	1	-

K_1

Q_1Q_2	00	01	11	10
00	*	*	*	*
01	*	*	*	*
11	-	-	-	-
10	1	0	1	-

K_2

Q_1Q_2	00	01	11	10
00	*	*	*	*
01	0	0	0	1
11	-	-	-	-
10	*	*	*	-

$$J_1 = \bar{x}_1 x_2 \cdot \bar{Q}_2;$$

$$J_2 = x_1 \cdot Q_1 + \bar{x}_2 \cdot Q_1;$$

$$K_1 = \bar{x}_2 + x_1;$$

$$K_2 = x_1 \bar{x}_2.$$

Синхронний автомат Мілі на основі D-тригерів

Перетворимо закодовану таблицю переходів за Мілі згідно з таблицею переходів D-тригера:

x_1, x_2 Q_1, Q_2	00	01	11	10
	D ₁ D ₂	D ₁ D ₂	D ₁ D ₂	D ₁ D ₂
00	(0 0)/0	1 0	(0 0)/1	(0 0)/0
01	(0 1)/1	(0 1)/0	(0 1)/0	0 0
11	-	-	-	-
10	0 1	(1 0)/1	0 1	-

Запишемо таблиці для кожного з входів D-тригерів:

D ₁	Q_1Q_2	00	01	11	10
	00	0	1	0	0
	01	0	0	0	0
	11	-	-	-	-
	10	0	1	0	-

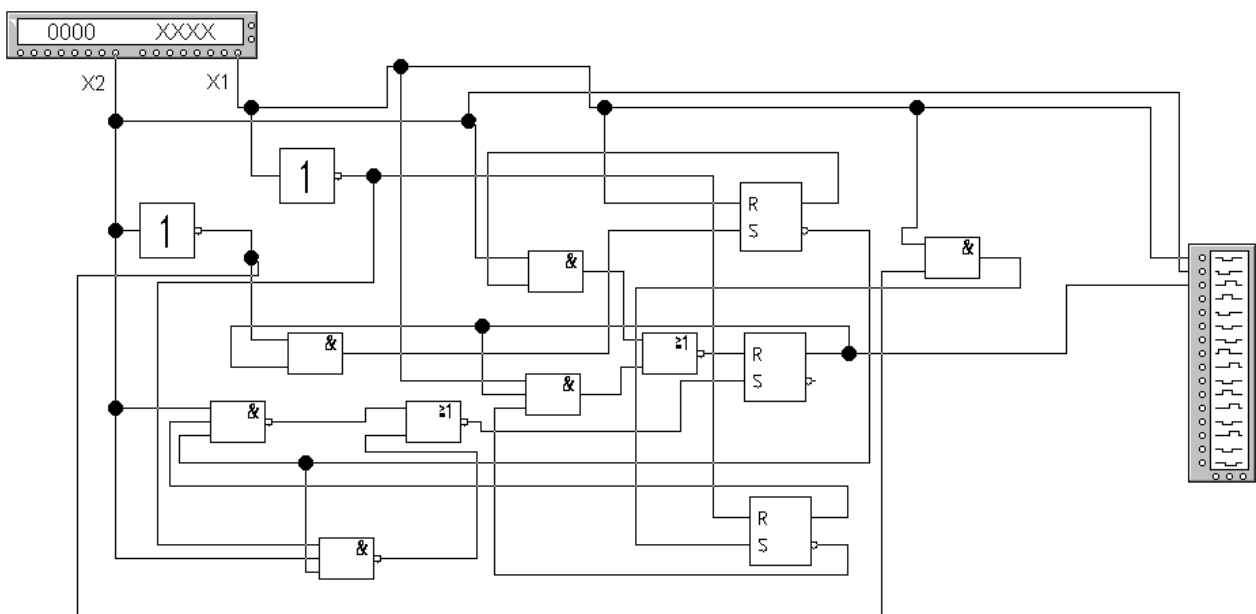
D ₂	Q_1Q_2	00	01	11	10
	00	0	0	0	0
	01	1	1	1	0
	11	-	-	-	-
	10	1	0	1	-

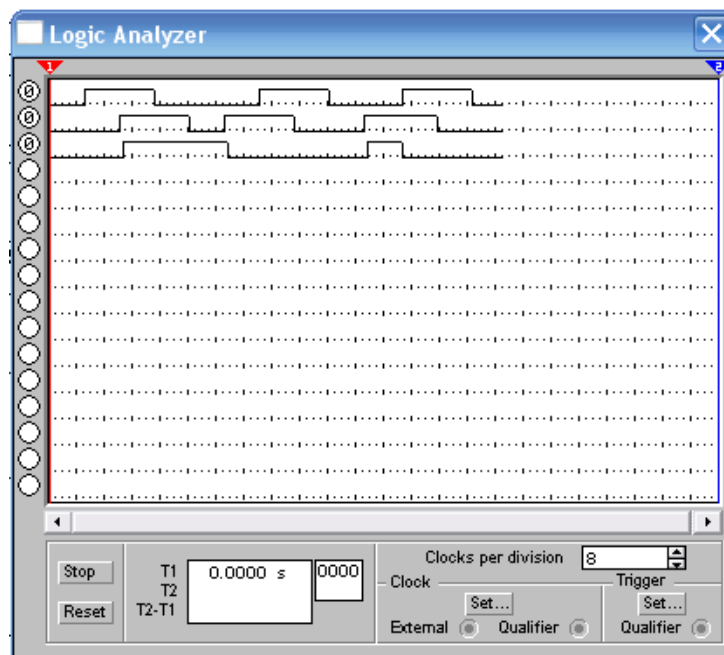
$$D_1 = \bar{x}_1 x_2 \cdot \bar{Q}_2;$$

$$D_2 = \bar{x}_1 \cdot Q_2 + \bar{x}_2 \cdot Q_1 + x_1 \cdot Q_1 + x_2 \cdot Q_2.$$

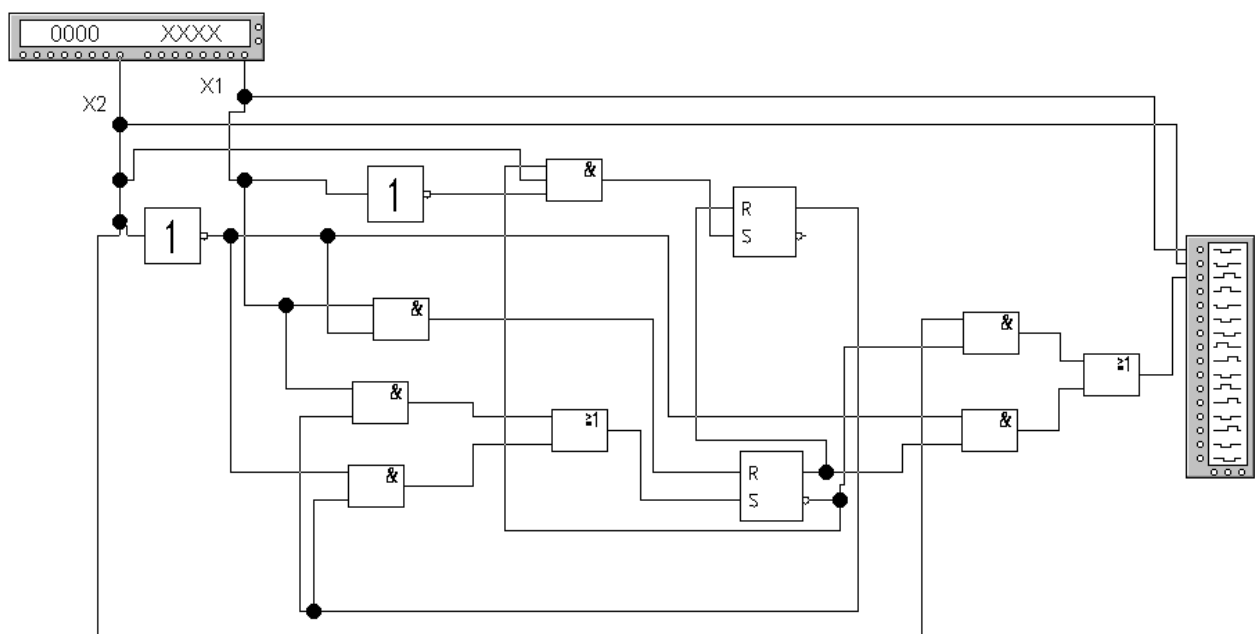
Етап 5. Складання функціональної (принципової) схеми автомата в вибраному елементному базисі.

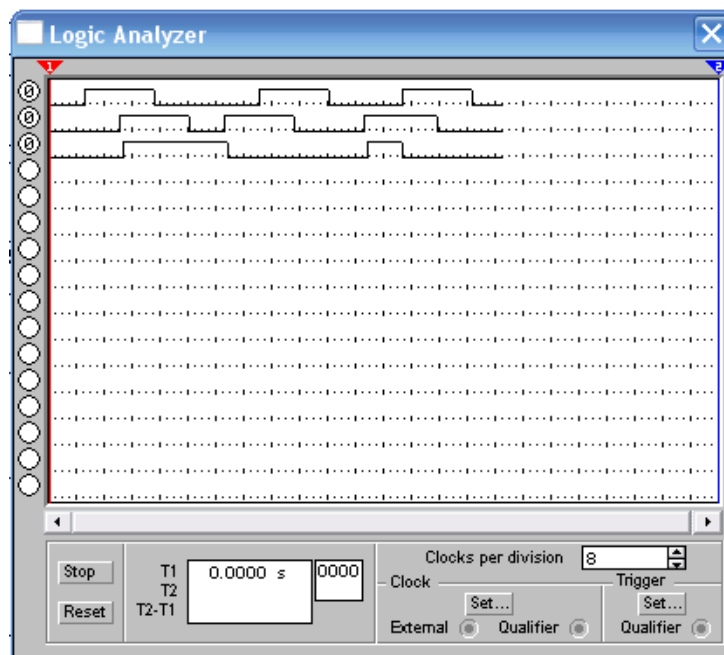
Асинхронний автомат Мура на основі RS-тригерів



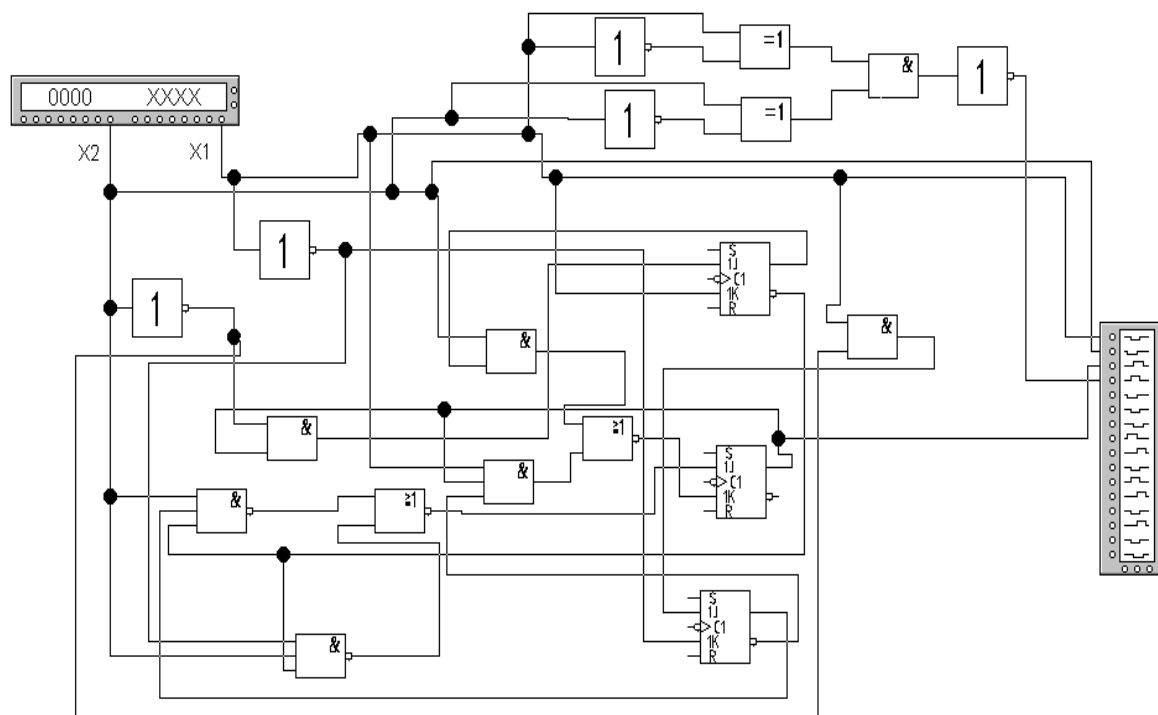


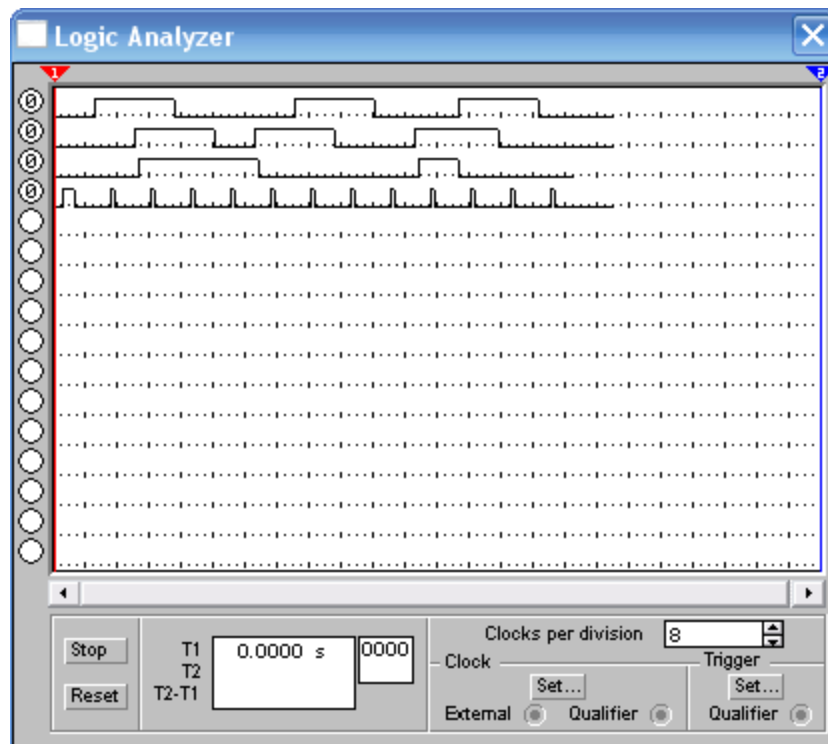
Асинхронний автомат Мілі на основі RS-тригерів



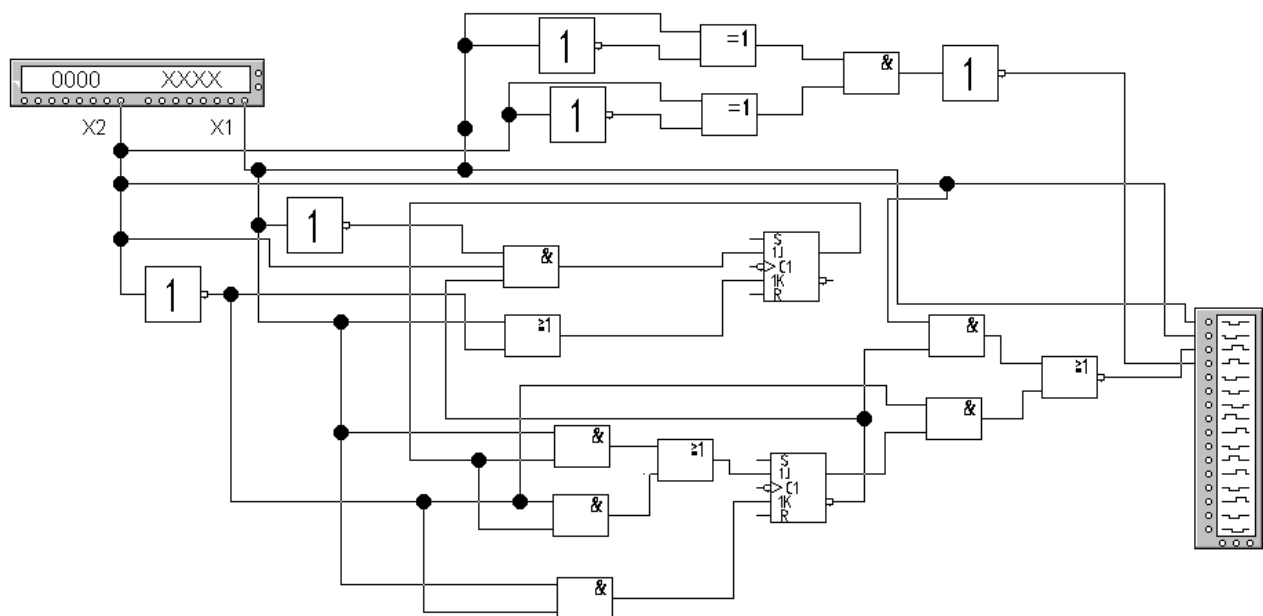


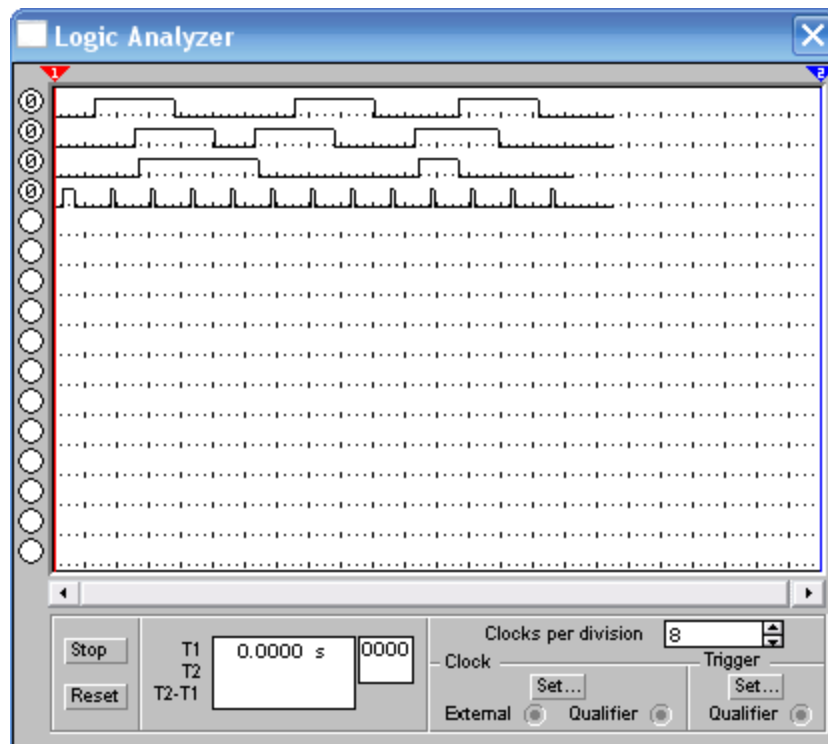
Синхронний автомат Мура на основі JK-тригерів



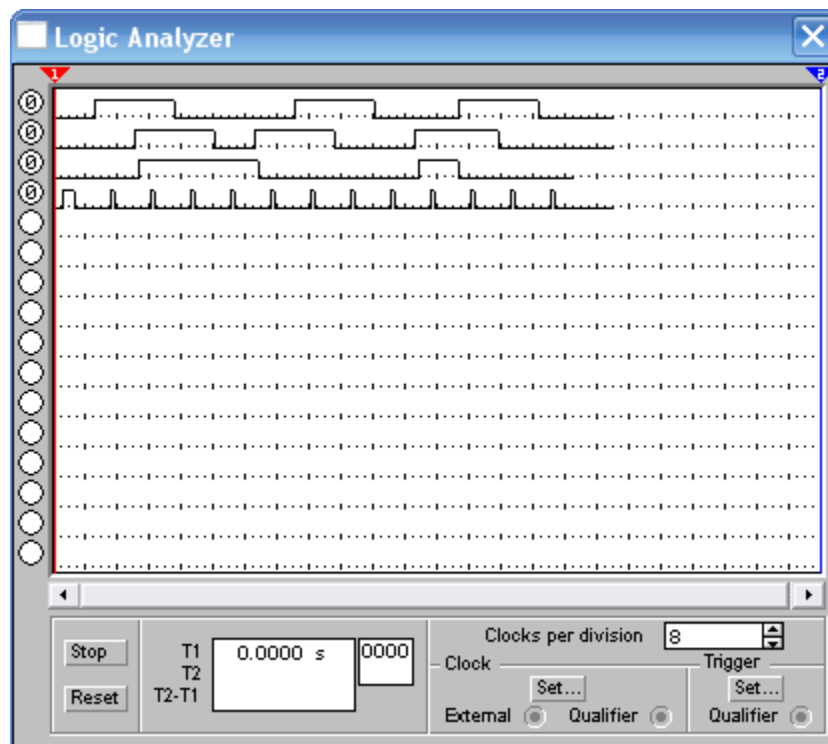
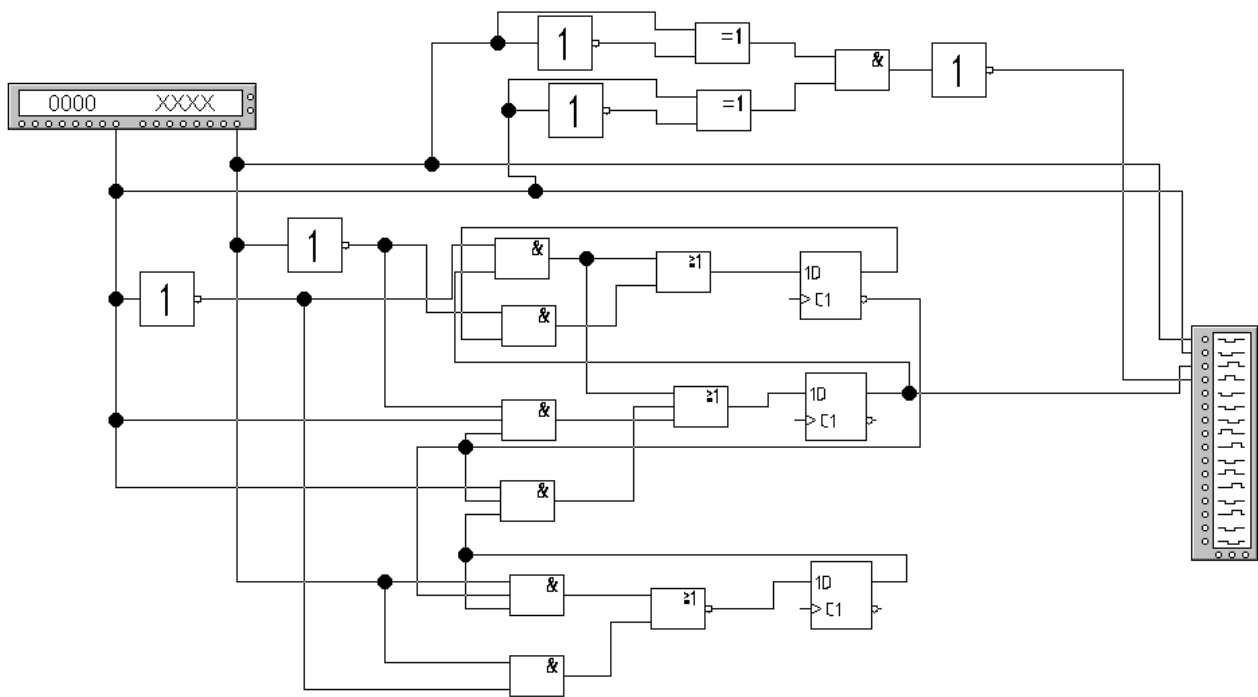


Синхронний автомат Мілі на основі JK-тригерів

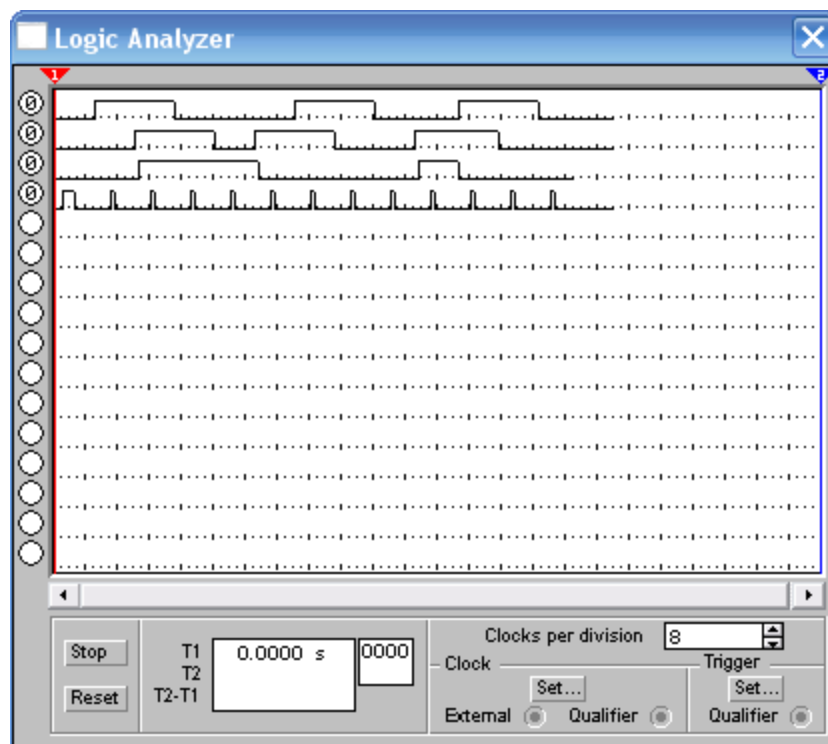
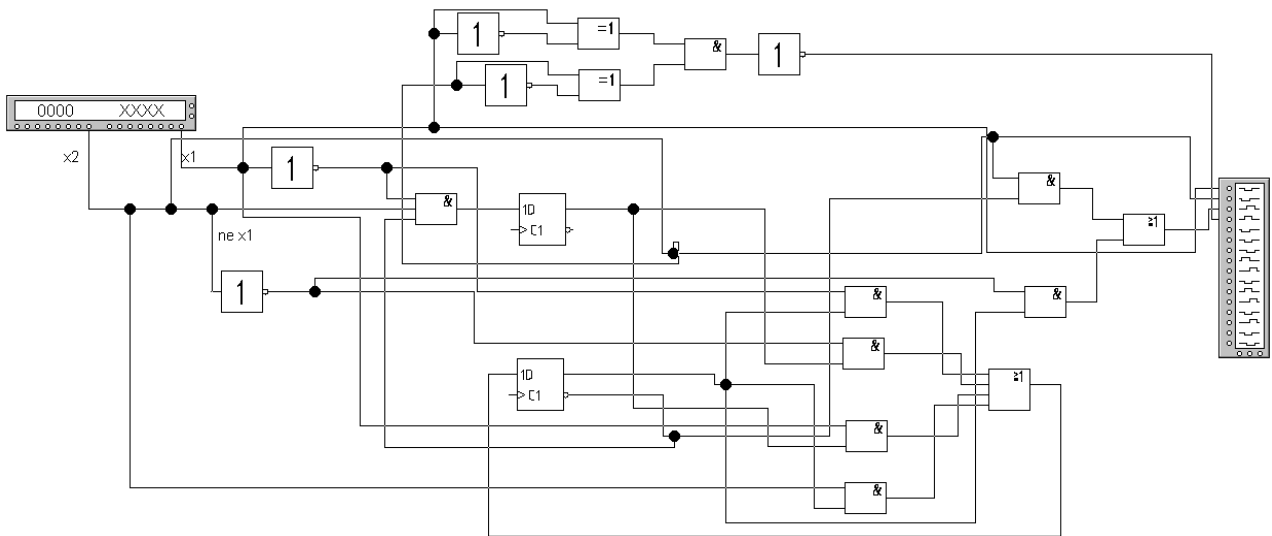




Синхронний автомат Мура на основі D-тригерів



Синхронний автомат Мілі на основі D-тригерів



5. Критерії оцінки РГР

Повне виконання РГР оцінюється в 38-40 балів; повне виконання роботи з певними незначними недоліками в 30-37 балів; неповне виконання роботи з незначними похибками при розрахунках в 24-29 балів; неповне виконання роботи зі значними похибками при розрахунках в 16-23 бали; незадовільне виконання в 0 балів (згідно з РСО дисципліни).

Рекомендована література

1. Рябенський В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д. Цифрова схемотехніка: Навч. посібник. – Львів: Новий світ - 2000, 2009,-736 с.,с.-315-374.